

УДК 685.31

*Від показника тягучості натуральної шкіри залежить відсоток відходів при виконанні обтяжно-затяжних операцій, тобто матеріальне ресурсозбереження і собівартість взуття. В даній статті представлено математичні моделі корегування тягучості шкір з мінеральним наповненням для точного розрахунку площі деталей заготовки. Запропонована концепція способу коригування тягучості шкір передбачає багатоперіодичне попереднє розтягнення з фіксацією подовження кожного циклу*

*Ключові слова: шкіра, взуття, природні мінерали, формування, залишкова деформація, формостійкість, якість*

*От показателя тягучести натуральной кожи зависит процент отходов при выполнении обтяжно-затяжных операций, то есть материальное ресурсосбережение и себестоимость обуви. В данной статье представлены математические модели корректировки тягучести кож с минеральным наполнением для точного расчета площади деталей заготовки. Предложенная концепция способа корректировки тягучести кож предусматривает многократное предварительное растяжение с фиксацией удлинения каждого цикла*

*Ключевые слова: кожа, обувь, природные минералы, формирования, остаточная деформация, формоустойчивость, качество*

# МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ КОРЕГУВАННЯ ТЯГУЧОСТІ ВЗУТТЄВИХ ШКІРЯНИХ МАТЕРІАЛІВ З МІНЕРАЛЬНИМ НАПОВНЕННЯМ

**О. П. Козарь**

Кандидат технічних наук, доцент, докторант\*

E-mail: okozar@mail.ua

**В. П. Коновал**

Доктор технічних наук, професор\*

E-mail: ktkvsh@knutd.com.ua

**В. Wozniak**

Dr Eng., Professor

Director Institute of Leather Industry

91-462, 73, Zgierska St. Lodz, Poland

E-mail: dyr-ips@ips.lodz.pl

**А. В. Оленіч**

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: ktkvsh@knutd.com.ua

\*Кафедра конструювання та технології

виробів із шкіри

Київський національний університет

технологій і дизайну

вул. Немировича-Данченко, 2, м. Київ, Україна, 01011

## 1. Вступ

Взуття – один з найважливіших і необхідних товарів народного споживання, який безпосередньо впливає на здоров'я людини. Підвищення якості взуття невід'ємно пов'язане не тільки з розробкою нових конструкцій моделей, використання сучасних матеріалів і обладнання, але і удосконалення технологічних процесів його виробництва.

В умовах ринкової економіки головними факторами, що забезпечують життєдіяльність товаровиробника є висока конкурентоспроможність їхньої продукції. В сьогоднішніх умовах виробництва собівартість взуття до 70 % складається з вартості матеріалів, в зв'язку з чим економія матеріалів, особливо натуральних шкір, є найбільш актуальною проблемою.

Технологічний процес виготовлення взуття – це складна система, що складається з множини підсистем, які знаходяться під постійним впливом чин-

ників, що змінюються. До однієї з таких підсистем відноситься система формоутворення взуття.

Одним з чинників, що уможливають економію натуральної шкіри для верху взуття, є технологічні процеси формування заготовки на колодці.

## 2. Аналіз літературних даних

Сьогодні значна увага приділяється створенню взуття з підвищеною формостійкістю. Даній тематиці присвячена велика кількість робіт таких вчених як А. Н. Калита, Ю. П. Зибін, В. А. Фукін, В. В. Костильова, Е. В. Акімова, В. П. Коновала і багато інших. Однак, проблема забезпечення формостійкості взуття залишається актуальною і сьогодні, тому що, незважаючи на суттєві зміни в технології виробництва взуття і використання сучасних матеріалів, вітчизняне взуттєве виробництво не забезпечує конкурентоздатність своєї продукції.

Аналіз сучасної технології формування взуття [1–5] виявив, що при використанні обтяжно-затяжного методу формування у носково-пучковій частині заготовки виникають великі залишки затяжної кромки, які згодом відрізають у відходи. Оскільки деталі носково-пучкової частини заготовки виготовляють з найцінніших ділянок шкіри, то має місце не виправдане використання високоякісного матеріалу. При формуванні заготовки беззатяжними методами ця проблема вирішується, але формостійкість такого взуття значно гірша [3]. Головною причиною цього явища є невідповідність деформаційних властивостей існуючих натуральних шкір вимогам технології формування заготовки на колодці.

Незважаючи на те, що деформаційні властивості натуральних шкір та вплив на них різних технологічних режимів формування взуття вивчені досить досконало [4–8], недостатньо вивчені питання щодо можливості забезпечення безвідходного використання матеріалу вершу взуття під час його формування.

Для дослідження операцій формоутворення взуття в праці [7] запропонована структурна модель системи формоутворення взуття (рис. 1) за критеріями таких важливих ринкових показників, як якість і вартість взуття, що першочергово впливають на збут і завоювання іміджу підприємств виробників високоякісної продукції.

Системний аналіз процесу формоутворення взуття показав залежність якості взуття (її формостійкості) і вартості готового виробу від властивості натуральної шкіри до розтягнення - від її тягучості ( $T_{шк}$ ). Від показників тягучості шкіри залежить відсоток відходів при виконанні обтяжно-затяжних операцій, тобто матеріальне ресурсозбереження і собівартість взуття. В праці [9] запропонована концепція способу корегування тягучості натуральних шкір перед здійсненням операцій формування взуття шляхом багаточисельного попереднього розтягнення шкір або деталей вершу з них з фіксацією подовження кожного циклу.

Зміна властивостей шкіряного матеріалу суттєво впливає на технологічні процеси формування заготовки на колодці. В [6, 8, 10–16] представлені результати застосування нових взуттєвих шкіряних матеріалів, виготовлених з використанням органічно-мінеральних композицій на основі природних мі-

нералів монтморилоніту (МДМ) та цеоліту (МДЦ). При цьому шкіри проходять додаткове формування структури дерми, упорядкування та ущільнення макропористої структури шкіри, що призводить до підвищення експлуатаційних та гігієнічних властивостей.

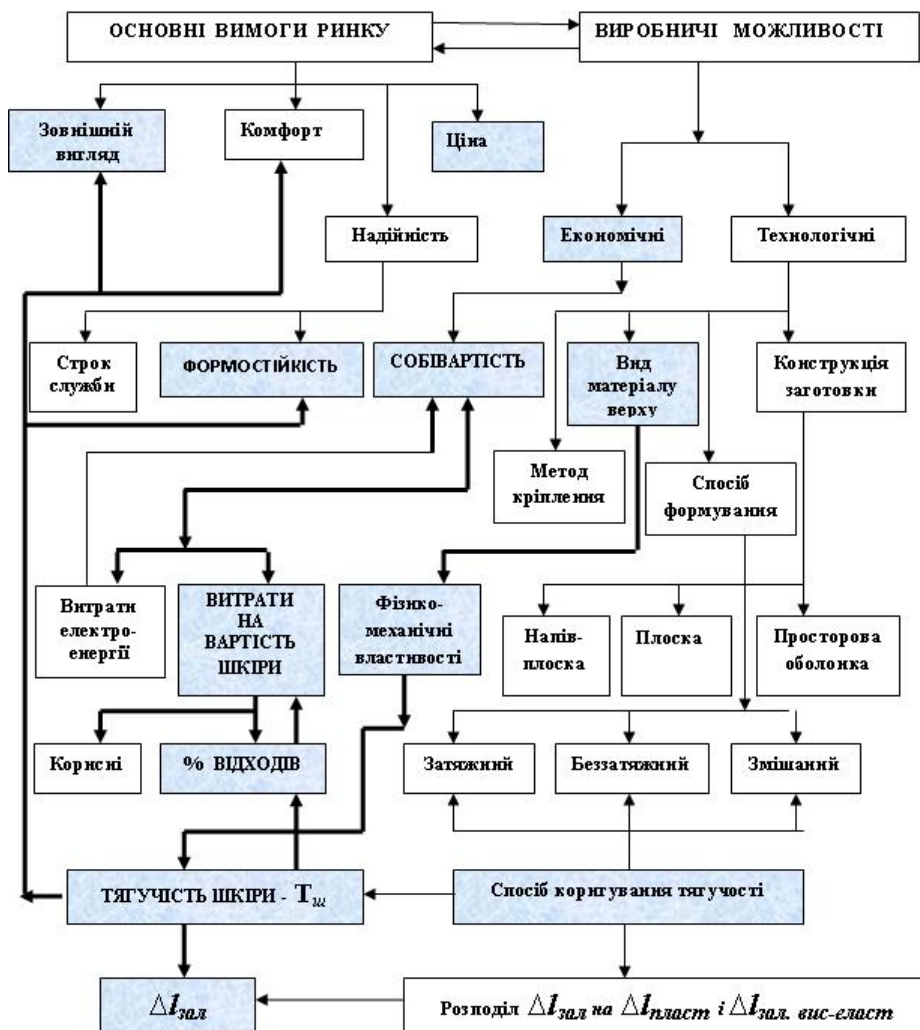


Рис. 1. Структурна схема системної моделі формоутворення взуття [7]

Здатність шкіри до формоутворення та збереження форми в процесі експлуатації взуття залежить від її здатності до розтягування та співвідношення в ній пружної та пластичної (залишкової) деформації. Частки складових частин деформації свідчать про співвідношення релаксаційних процесів деформації, які відбуваються при розтягненні шкір в режимі «навантаження – розвантаження – відпочинок». В [6] визначено залежність деформації розтягнення від часу під навантаженням та при відпочинку (рис. 2) та встановлені величини складових деформації шкір з мінеральним наповненням в режимі одного повного випробувального циклу навантаження і розвантаження (рис. 3).

Вид мінерального наповнювача суттєво впливає на співвідношення складових деформацій шкіряного напівфабрикату та, відповідно, на пружно-пластичні характеристики шкіри.

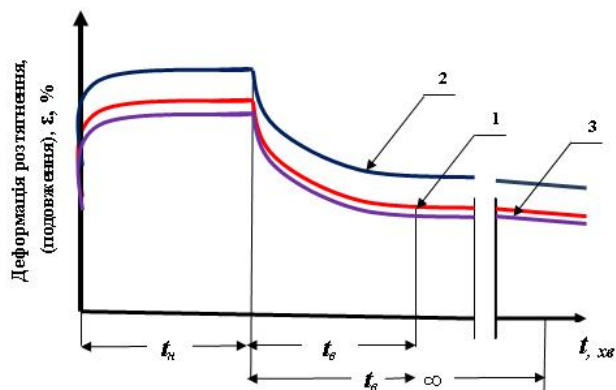


Рис. 2. Залежність деформації розтягнення  $\varepsilon$  від часу під навантаженням ( $t_n$ ) і при відпочинку ( $t_v$ ) для натуральних шкір з мінеральним наповненням: 1 – контроль, 2 – МДМ, 3 – МДЦ

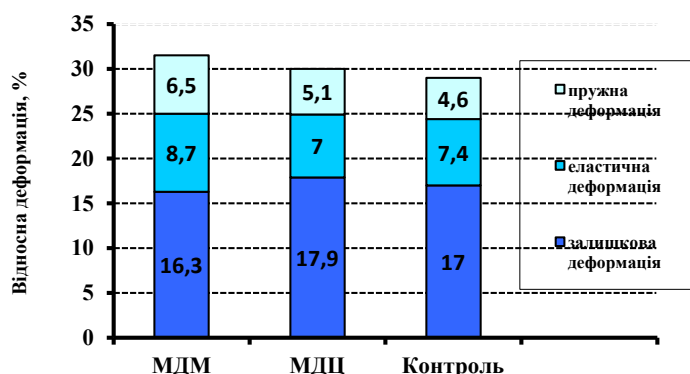


Рис. 3. Співвідношення складових деформацій шкір, наповнених модифікованими дисперсіями природних мінералів – монтморилоніту (МДМ) та цеоліту (МДЦ)

Дисперсії монтморилоніту сприяють зниженню залишкових деформацій шкіряного напівфабрикату, а відповідно підвищують м'якість, еластичність та тягучість шкір. При наповненні шкіряного напівфабрикату дисперсією цеоліту спостерігається підвищення частки залишкових та пружних деформацій, що свідчить про високу здатність шкір до формування та збереження форми в період експлуатації, але при цьому зменшується модуль пружності та підвищується жорсткість.

Однак, питання щодо забезпечення безвідходного використання матеріалу верху взуття під час формування та точного розрахунку площі деталей заготовки вказує на необхідність коригування співвідношень між пружною і залишковою деформацією шкір з мінеральним наповненням, що при оптимальному значенні могли б забезпечити якісне формування верху взуття.

### 3. Постановка завдання

Для підтвердження концепції корегування співвідношень між пружною та залишковою деформацією

шкір з мінеральним наповненням *доцільним*, на нашу думку, є проведення аналітичних та експериментальних досліджень впровадження багатоциклічного попереднього розтягнення.

Метою даної роботи є створення математичної моделі корегування тягучості шкір з мінеральним наповненням багатоциклічним розтягненням, шляхом визначення залишкової деформації для точного розрахунку площі деталей заготовки.

### 4. Математичний опис способу багатоциклічного розтягнення з фіксацією деформації після кожного розтягнення

Об'єктами досліджень є натуральні шкіри ВРХ для верху взуття, наповнені на стадії післядубильних процесів модифікованими дисперсіями природних мінералів монтморилоніту (МДМ) та цеоліту (МДЦ). Як порівняльний (контрольний) варіант використано натуральні шкіри для верху взуття, отримані за діючою технологією шкірзаводу ПАТ «Чинбар» (м. Київ).

В даній роботі встановлювалась залежність розміру залишкового подовження дослідних шкір  $\Delta L_{зал}$  при багатократному одно-вісному розтягненні від основних чинників, що впливають, а саме: ступеня зволоження шкіри  $\Delta W_{від}$ , розміру розтягнення  $\Delta L$ , кількості повторних розтягів. Заміри залишкового подовження та фізико-механічних характеристик шкір з мінеральним наповненням здійснювали у відповідності стандарту ISO 3376:2011 [17] в акредитованій лабораторії випробовування взуття та матеріалів інституту шкіряно-взуттєвої промисловості (IPS) м. Лодзь (Польща) на розривній машині TT-BM фірми «INSTRON» (Великобританія), представлений на рис. 4.

Похибка вимірювань знаходиться в межах 3 %.

Дослідження проведено з використанням методів математичного аналізу та теорії множини [18–20].

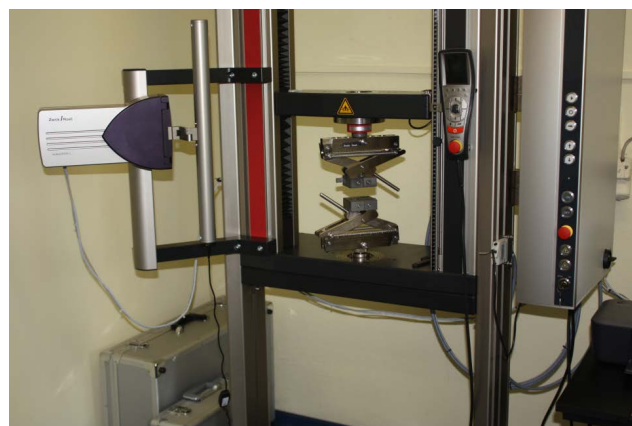


Рис. 4. Розривна машина TT-BM фірми «INSTRON» (Великобританія)

### 5. Математичне моделювання процесу корегування тягучості шкіри з мінеральним наповненням

На залишкове подовження шкіри  $\Delta L_{\text{зал}}$  після зняття розтягуючого зусилля впливають багато чинників, які відносяться як до властивостей шкіри, так і до технологічних режимів процесу розтягнення. Основними з них є: тягучість шкіри, що виражається коефіцієнтом тягучості –  $K_T$ ; величина розтягнення –  $\Delta L$ ; відносна вологість шкіри –  $\Delta W_{\text{від}}$ ; кількість циклів розтягнення –  $i$ .

Для корегування тягучості  $T_{\text{ш}}$  готової шкіри з мінеральним наповненням у роботі використано метод багатократного попереднього розтягнення шкіри з фіксацією деформації після кожного розтягнення.

Кожний цикл складається з 4 тактів:

- 1) такт – зволоження для підвищення  $T_{\text{ш}}$ ;
- 2) такт – розтягнення у зволоженому стані;
- 3) такт – фіксація - виведення вологи з шкіри в розтягнутому стані;
- 4) такт – розвантаження після виведення вологи ( $\Delta L_{\text{зал}}$ ).

Для математичного опису способу багаточиклісного розтягнення з фіксацією деформації після кожного розтягнення складена фізична модель досліджуваного процесу (рис. 5), виражена відомою залежністю деформації шкіри від часу дії деформації розтягнення. Фізична модель процесу багаточиклісного однобісного розтягнення натуральних шкір з мінеральним наповненням включає послідовне виконання в кожному циклі операцій зволоження, розтягнення, сушіння в розтягнутому стані і зняття навантаження після сушіння. Кожен цикл є самостійним, завершеним технологічним процесом.

Цикл 1: лінія  $OA_1$  – повна деформація розтягнення;  $A_1 A_{11}$  – фіксація;  $A_{11} B_1$  – миттєва при знятті навантаження;  $B_1 C_1$  – високоеластична деформація;  $C_1 P_1$  – залишкова деформація за 1-ий цикл ( $\Delta L_{\text{зал.1}}$ ).

Цикл 2: лінія  $C_1 A_2$  – деформація розтягнення;  $A_2 A_{22}$  – фіксація;  $A_{22} B_2$  – миттєва при знятті навантаження;  $B_2 C_2$  – високоеластична деформація;  $C_2 P_2$  – залишкова деформація за 2-ий цикл ( $\Delta L_{\text{зал.2}}$ ).

Цикл  $i$ : лінія  $C_{i-1} A_i$  – деформація розтягнення;  $A_i A_{ii}$  – фіксація;  $A_{ii} B_i$  – миттєва при знятті навантаження;  $B_i C_i$  – високоеластична деформація;  $C_i P_i$  – залишкова деформація за  $i$ -ий цикл ( $\Delta L_{\text{зал.}i} = \Sigma \Delta L_{\text{зал.}i}$ ).

Дана фізична модель представляє розподіл загальної деформації розтягнення ( $\Delta L$ ), величина якої попередньо задана та є константою. При однобісному розтягненні подовженням шкіри загальна деформація розподіляється на три складові (1): миттєву  $\Delta L_{\text{мит}}$ , високоеластичну  $\Delta L_{\text{вис-еласт}}$  та залишкову деформацію  $\Delta L_{\text{зал}}$ , яка в свою чергу складається з пластичної  $\Delta L_{\text{пласт}}$  і запізнюючої високоеластичної деформації  $\Delta L_{\text{зал.вис-еласт}}$  (2):

$$\Delta L = \Delta L_{\text{мит}} + \Delta L_{\text{вис-еласт}} + \Delta L_{\text{зал}}, \quad (1)$$

$$\Delta L_{\text{зал}} = \Delta L_{\text{пласт}} + \Delta L_{\text{зал.вис-еласт}}. \quad (2)$$

У першому циклі після розтягнення шкіри до деякого розміру  $\Delta L$ , фіксації, зняття навантаження та відпочинку, зберігається деяка залишкова деформація –  $\Delta L_{\text{зал.1}}$ . При наступному, другому циклі, у шкірі залишається додаткова залишкова деформація –  $\Delta L_{\text{зал.2}}$ . Відбувається збільшення залишкової деформації аж до  $i$ -того циклу, у закінченні якого нараховується сума залишкових деформацій –  $\Sigma \Delta L_{\text{зал}}$ .

За кожним циклом, який є самостійною технологічною дією, при розтягненні зразка довжиною  $L$  на величину  $\Delta L$  (тобто  $L + \Delta L$ ) після завершення циклу йде прирощення  $\Delta L_{\text{зал}}$  (тобто  $\Delta L_{\text{зал.2}} = \Delta L_{\text{зал.1}} + \Delta L_{\text{зал.2}}$ ). За  $i$  – ту кількість разів (або циклів) розтягнення одержується сумарна залишкова деформація –  $\Sigma \Delta L_{\text{зал.}i}$ .

При використанні багаточиклісного послідовного однобісного розтягнення в перпендикулярних напрямках (уздовж та впоперек лінії хребта) залишкова деформація виражається приростом площі –  $\Delta S_{\text{зал}}$ .

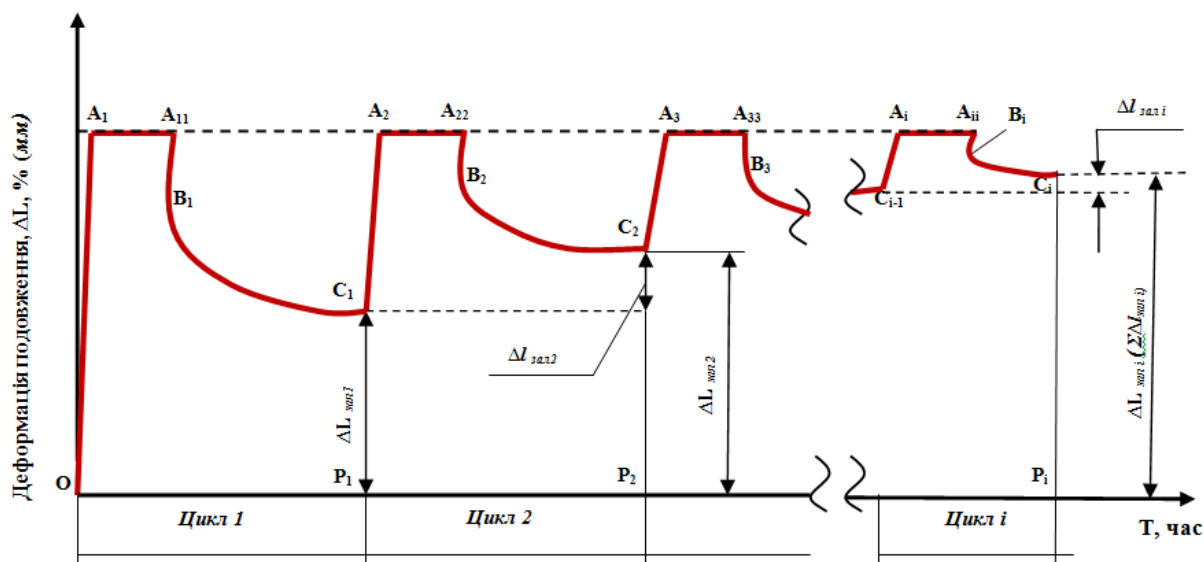


Рис. 5. Фізична модель багаточиклісного розтягнення шкіри



Отже, функцією мети процесу, який вивчається, є визначення залишкового подовження при кожному циклі –  $\Delta L_{\text{зал.}}$  і сумарного залишкового подовження за «і» циклів –  $\sum \Delta L_{\text{зал.}}$ .

Перелічені вище змінні фактори, які впливають на  $\Delta L_{\text{зал.}}$  і фізична модель є вихідними даними для побудови математичної моделі.

Основною граничною умовою процесу є залежність допустимого відносного подовження зразків при багатоциклічному розтягуванні до відносного подовження шкіри при появі тріщин лицьової поверхні, яка не зазнала впливу багатоциклічного розтягнення.

Величина розтягнення зразків при кожному циклі не повинна перевищувати значення  $(L + \Delta L)$ . При цьому  $\Delta L$  за кожним циклом фактично зменшується на  $\Delta L_{\text{зал.}}$  попередніх циклів (3), тобто має значення при:

$$\left. \begin{aligned} &\text{циклі 1} - \Delta L; \\ &\text{циклі 2} - (\Delta L - \Delta L_{\text{зал.1}}); \\ &\text{циклі 3} - [(\Delta L - (\Delta L_{\text{зал.1}} + \Delta L_{\text{зал.2}}))]; \\ &\dots\dots\dots \\ &\text{циклі i} - (\Delta L - \sum \Delta L_{\text{зал.}}); \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Знижується також спроможність шкіри до розтягнення, тобто зменшується коефіцієнт тягучості –  $K_m$ . Постійною залишається тільки відносна вологість –  $\Delta W_{\text{від.}}$ , значення якої задається оптимальним. Тому що  $K_m$  і  $\Delta L_{\text{зал.}}$  для кожного виду шкіри мають своє значення, то з математичної моделі в загальному виді їх необхідно виключити.

Розв'язувана задача має ще одну особливість: при одновісному розтягненні шуканою величиною є лінійне подовження –  $\Delta L_{\text{зал.}}$ , при послідовному одновісному розтягненні у перпендикулярних напрямках є збільшення площі –  $\Delta S_{\text{зал.}}$ .

Згідно визначенню функції цілі, математичну модель у загальному вигляді можливо виразити у вигляді системи рівнянь (4) і (5):  
при одновісному

$$\left. \begin{aligned} &\Delta L_{\text{зал.1}} = f_1(\Delta L, \Delta W_{\text{від.}}); \\ &\Delta L_{\text{зал.2}} = f_2((\Delta L - \Delta L_{\text{зал.1}}), \Delta W_{\text{від.}}); \\ &\Delta L_{\text{зал.3}} = f_3((\Delta L - \Delta L_{\text{зал.1}} - \Delta L_{\text{зал.2}}), \Delta W_{\text{від.}}); \\ &\dots\dots\dots \\ &\Delta L_{\text{зал.i}} = f_i((\Delta L - \sum_{j=1}^{i-1} \Delta L_{\text{зал.j}}), \Delta W_{\text{від.}}); \\ &\text{Сумарне значення } \Delta L_{\text{зал.}} - \\ &\sum_{j=1}^i \Delta L_{\text{зал.j}} = \Delta L_{\text{зал.1}} + \Delta L_{\text{зал.2}} + \dots + \Delta L_{\text{зал.i}}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

при послідовному одновісному розтягненні у перпендикулярних напрямках (за аналогією):

$$\left. \begin{aligned} &\Delta S_{\text{зал.1}} = f_1^1(\Delta S, \Delta W_{\text{від.}}); \\ &\Delta S_{\text{зал.2}} = f_2^1((\Delta S - \Delta S_{\text{зал.1}}), \Delta W_{\text{від.}}); \\ &\Delta S_{\text{зал.3}} = f_3^1((\Delta S - \Delta S_{\text{зал.1}} - \Delta S_{\text{зал.2}}), \Delta W_{\text{від.}}); \\ &\dots\dots\dots \\ &\Delta S_{\text{зал.i}} = f_i^1((\Delta S - \sum_{j=1}^{i-1} \Delta S_{\text{зал.j}}), \Delta W_{\text{від.}}); \\ &\text{Сумарне значення } \Delta S - \\ &\sum_{j=1}^i \Delta S_{\text{зал.j}} = \Delta S_{\text{зал.1}} + \Delta S_{\text{зал.2}} + \dots + \Delta S_{\text{зал.i}}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Застосувавши теорію математичного аналізу [18] при вирішенні однофакторної функції типу  $y = f(x)$ , визначеної в деякому інтервалі  $(x, x_1)$ , яка названа безупинною, якщо в будь-якій точці  $x_0$   $(x, x_1)$ , де:  $\lim f(x_0)$ , а  $\Delta x = (x_1 - x)$  – є прирощенням аргументу, то в першому наближенні можна вирішити кожне рівняння кожного циклу. Для цього лінію  $OA_1$  (наприклад, для циклу 1, рис. 6) можна виразити залежністю  $y = \alpha x^m$ , де коефіцієнт  $\alpha$  і ступінь  $m$ , які залежать від виду шкіри, у зв'язку з чим аналітично розрахувати цю залежність без експериментальних даних неможливо, а тим самим знайти максимальне допустиме значення розтягнення. Крім того, з рівнянь треба прибрати другий чинник –  $\Delta W_{\text{від.}}$ , зафіксувавши його константою.

Можна піти шляхом поділу системи функцій (4) і (5) на однофакторні та одержати множину функцій і, застосувавши теорію множини, побудувати математичну модель іншого виду [19].

Поняття множини за даними є одним із найважливіших вихідних і невизначених понять сучасної математики. Творець теорії множин, німецький математик Г. Кантор дав таке визначення: множина – це сукупність визначених і різноманітних об'єктів, які мисляться в якості цілого [20].

Сукупність досліджуваних функцій (4) і (5), розділених на однофакторні функції, можна описати як дві лічильні множини  $M_1$  і  $M_2$ , що у загальному вигляді виражені як

$$\left. \begin{aligned} &M_1 \quad |\Delta L_{\text{зал.}} = f(\Delta L)|; \\ &M_2 \quad |\Delta L_{\text{зал.}} = f(\Delta W_{\text{від.}})|; \\ &\text{або} \\ &\{M_1\} |A_1|, |A_2|, \dots, |A_i|; \\ &\{M_1\} |A_1^1|, |A_2^1|, \dots, |A_i^1|. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Припустимо, що для технології формування деталей взуття заготовки достатньо три цикли ( $i=3$ ), то будемо розглядати кожну множину  $M_1$  і  $M_2$ , як таку, що складається з трьох елементів. Привласнимо цим елементам символ  $A$ :

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \Delta l_{\text{зал.1}} = f_1(\Delta L); \\ A_2 &= \Delta l_{\text{зал.2}} = f_2(\Delta L - \Delta l_{\text{зал.1}}); \\ A_3 &= \Delta l_{\text{зал.3}} = f_3(\Delta L - \Delta l_{\text{зал.1}} - \Delta l_{\text{зал.2}}); \\ \text{та} \\ A_1 &= \Delta l_{\text{зал.1}} = f_1^1(\Delta W_{\text{від}}); \\ A_2 &= \Delta l_{\text{зал.2}} = f_2^1(\Delta W_{\text{від}}); \\ A_3 &= \Delta l_{\text{зал.3}} = f_3^1(\Delta W_{\text{від}}). \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Тоді, відповідно до об'єднання двох лічильних кінцевих множин  $M_1$ ,  $M_2$ , у третю множину –  $M_3$  (або  $U M_3$ ), яка є множиною, що складається з усіх вхідних в  $M_1$  та  $M_2$  елементів, виражене в табличній формі:

$$\bigcup_{i=1}^3 M_3 = \begin{vmatrix} A_{11} & \rightarrow & A_{12} & A_{13} \\ & \swarrow & \nearrow & \downarrow \\ A_{21} & & A_{12} & A_{23} \\ \downarrow & \nearrow & & \swarrow \\ A_{31} & A_{32} & \leftarrow & A_{33} \end{vmatrix} \quad (8)$$

Однак, необхідно констатувати той факт, що чисельно, ні перший вид моделі (4) і (5), ні другий – (6), (7), (8), неможливо вирішити без даних, що одержуються тільки експериментальним шляхом.

## 6. Висновки

1. Використовуючи методи системного аналізу встановлено, що формостійкість взуття є одним із найважливіших показників якості, і залежить, насамперед, від деформаційних властивостей шкір, їхньої тягучості. Підвищити формостійкість взуття можливо шляхом застосування у технологічному процесі операції коригування тягучості шкір до оптимальних значень, які необхідні для виробництва якісного взуття. Від показників тягучості натуральної шкіри залежить відсоток відходів при виконанні обтяжно-затяжних операцій, тобто матеріальне ресурсозбереження і собівартість взуття.

2. Концепція способу коригування співвідношення між пружною та залишковою деформацією у шкірах з мінеральним наповненням передбачає багатоциклічне попереднє розтягнення шкір або деталей верху з них з фіксацією подовження кожного циклу.

3. Побудована фізична модель процесу багатоциклічного одновісного розтягнення натуральних шкір з мінеральним наповненням, що включає послідовне виконання в кожному циклі операцій зволоження, розтягнення, сушіння в розтягнутому стані і зняття навантаження (відпочинок). Кожний цикл є самостійним, завершеним технологічним процесом.

4. Запропоновані математичні моделі процесу багатоциклічного одновісного розтягнення вказують на необхідність продовжити дослідження і для чисельного вирішення задачі експериментально визначити ряд показників процесу.

## Література

1. Тихонова, Н. В. Научно-технологические основы регулирования формоустойчивости заготовки верха обуви из натуральной кожи с использованием ВЧ плазмы пониженного давления [Текст]: автореф. дис. ... док. техн. наук: 05.19.05 / Н. В. Тихонова // ФБГОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет». – Казань, 2012. – 34 с.
2. Емельцова, У. А. Влияние свойств материалов и конструктивных особенностей на формоустойчивость обуви [Текст] / Е. А. Емельцова, Л. Ю. Махоткина, Н. В. Тихонова // Научная сессия КГТУ. – Казань, 2011. – 299 с.
3. Росул, Р. В. Математична модель процесу формування заготовки верху взуття при шнуровій затязці (Повідомлення 1) [Текст] / Р. В. Росул, В. П. Либа // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 6. – С. 117–124.
4. Максина, З. Г. Пути повышения формоустойчивости обуви [Текст]: междунар. сб. науч. тр. / З. Г. Максина, К. А. Загайгора // Техническое регулирование: базовая основа качества товаров и услуг. – Южно-рос. гос. ун-т экономики и сервиса, 2012. – С. 100–103.
5. Фурашова, С. Л. Исследование влияния свойств комплектующих материалов на формоустойчивость систем для верха обуви [Текст]: междунар. сб. науч. тр. / С. Л. Фурашова, В. Е. Горбачик, К. А. Загайгора, З. Г. Максина // Техническое регулирование: базовая основа качества товаров и услуг. – Южно-рос. гос. ун-т экономики и сервиса, 2008. – С. 170–171.
6. Kozar, O. P. Deformation characteristics of leather for shoe upper, filled with natural minerals [Text] / O. P. Kozar, O. R. Mokrousova, B. Wozniak // Journal of Chemistry and Chemical Engineering (USA). – 2014. – № 8. – P. 47–53.
7. Оленіч, А. В. Якість процесів формування взуття з натуральної шкіри [Текст] / А. В. Оленіч // Вісник Державної академії легкої промисловості України. – 2000. – № 1. – С. 101–103.
8. Kozar, O. P. Deformation characteristics of genuine leather, manufactured using natural minerals [Text]: proc. of the 13th inter. conf. / O. P. Kozar, O. R. Mokrousova, V. P. Konoval // Baltic Polymer Symposium, Trakai, Lithuania. – Vilnius University, 2013. – P. 18–21.
9. Оленіч, А. В. «Розробка ресурсозберігаючої технології формостворення взуття з верхом із натуральної шкіри» [Текст]: автореф. дис. ... канд-та техн. наук: 05.19.05 / А. В. Оленіч // Київський державний університет технологій та дизайну. – Київ, 2001. – 16 с.
10. Данилкович, А. Г. Екологічно орієнтовані технології виробництва шкіряних та хутрових матеріалів для створення конкурентоспроможних товарів [Текст] / А. Г. Данилкович, В. І. Ліщук, В. П. Плавач і ін. – К.: Фенікс, 2011. – 324 с.

11. Mokrousova, O. The organo-mineral composition for retanning – filling of leather semi-finished item [Text] : proc. of the 3rd inter. conf. / O. Mokrousova // Advanced materials and systems. – Bucharest, Romania, 2010. – P. 85–90.
12. Mokrousova, O. R. Formation of collagen structure of derma by mineral dispersions [Text] / O. R. Mokrousova, A. G. Danilkovich // Scientific proceedings of Riga Technical University. – 2007. – Series 1, Part 14, – P. 83–91.
13. Ma, J. The preparation and application of a montmorillonite-based nanocomposite in leather making [Text] / J. Ma, X. Chen, Y. Chu // JSLTC. – 2003. – Vol. 87, № 4. – P. 131–134.
14. Mishra, J. K. New Millable polyurethane/organoclay nanocomposite: preparation, characterization and properties [Text] / J. K. Mashra, I. Kim, C. S. Ha // Macromolecular Rapid communications. – 2003. – Vol. 24. – P. 671–675.
15. Ma, J. Z. The acrylic resin leather coating agent modified by nano-SiO<sub>2</sub> [Text] / J. Z. Ma, Z. J. Hu, L. Y. Liu // Journal of Composite Materials. – 2006. – Vol. 40. – P. 2189–2193..
16. Kozar, O. P. Eco-friendly technologies of leather manufacturing with using natural minerals montmorillonite and zeolite [Text] / O. P. Kozar, O. R. Mokrousova // Technology audit and production reserves. – 2013. – Vol. 6, № 2(14). – P. 11–15.
17. PN-EN ISO 3376:2012. Leather –Physical and mechanical tests [Text] / Determination of tensile strength and percentage extension, 2012.
18. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Перевод с амер. изд. [Текст] / Г.Корн, Т. Корн // М.: Наука, 1988. –214 с.
19. Гусак, А. А. Справочник по высшей математике [Текст] / А. А. Гусак, Г. М. Гусак. – Минск: Наука и техника, 1991. – 321 с.
20. Тихомиров, В. Б. Математическое планирование и анализ экспериментальных оценок [Текст] / В. Б.Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1992. – 262 с.